

This Page Is Inserted by IFW Operations  
and is not a part of the Official Record

## **BEST AVAILABLE IMAGES**

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images may include (but are not limited to):

- BLACK BORDERS
- TEXT CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES
- FADED TEXT
- ILLEGIBLE TEXT
- SKEWED/SLANTED IMAGES
- COLORED PHOTOS
- BLACK OR VERY BLACK AND WHITE DARK PHOTOS
- GRAY SCALE DOCUMENTS

**IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.**

**As rescanning documents *will not* correct images,  
please do not report the images to the  
Image Problem Mailbox.**

59-16208

(Y)

Japanese Patent Office  
Patent Laying-Open Gazette

Patent Laying-Open No. 59-16208  
Date of Laying-Open: January 27, 1984  
International Class(es): H01B 5/00  
H01F 5/08  
H01R 4/20

(5 pages in all)

---

Title of the Invention: Connectional Superconducting Wire  
Patent Appln. No. 57-126572  
Filing Date: July 16, 1982  
Inventor(s): Masao MORITA and Tadatoshi YAMADA  
Applicant(s): Mitsubishi Denki Kabushiki Kaisha

(transliterated, therefore the  
spelling might be incorrect)

\*Partial English translation is attached hereto

# 1. Title of the Invention

## Connectional Superconducting Wire

The present invention is now described with reference to Fig. 7 showing an embodiment thereof. Referring to Fig. 7, arrow denotes a current, numerals 1 and 1' denote superconducting wires to be connected with each other, numerals 2 and 2' denote low-resistance base materials thereof, numeral 3 denotes superconductor filaments equivalent to those in the prior art, and numeral 31 denotes a connection tube storing connected portions of the superconducting wires 1 and 1' therein. In other words, ends of the two superconducting wires 1 and 1' defining the connected portions are superposed with each other so that the superposed portions are stored in the connection tube 31 and pressed from outside the connection tube 31 to be press-fitted with each other, thereby electrically connecting the superconducting wires 1 and 1' with each other through no solder layer 4, for example. Thus, the superconducting wires 1 and 1' can be connected with each other through no solder layer 4 having higher electrical resistivity than the low-resistance base materials 2 and 2', whereby connection resistance of the connected portions is suppressed and hence attenuation of a current in a superconducting coil is extremely reduced as compared with a case of connection through a solder layer also when the superconducting coil is driven with a persistent current. When the aforementioned representative numerical values are substituted in the above equation, the time required for the current to reach 95 % of the initial current value is calculated as 300 days in the case of the aforementioned superconducting wires connected according to the present invention.

When the connection tube 31 has conductivity, further, attenuation of the current is further reduced. While the above embodiment has been described with reference to two superconducting wires to be connected with each other, the present invention is not restricted to this but three or more superconducting wires can also be connected with each other by a similar structure as shown in Fig. 8, for example, for attaining a similar effect.

Fig. 9 shows another embodiment of the present invention, in which a connection stabilizing member 32 consisting of a superconducting wire or a low-

resistance conductor is connected over superconducting wires 1 and 1' and a connection tube 31 with a solder layer 33 provided by soldering, in order to increase electrical stability.

⑬ 日本国特許庁 (JP)

⑪ 特許出願公開

⑫ 公開特許公報 (A)

昭59—16208

⑤ Int. Cl.<sup>3</sup>  
H 01 B 5/00  
H 01 F 5/08  
H 01 R 4/20

識別記号

庁内整理番号  
A 6843—5E  
6843—5E  
7227—5E

⑬ 公開 昭和59年(1984)1月27日

発明の数 1  
審査請求 未請求

(全 5 頁)

⑭ 接続された超電導線

① 特 願 昭57—126572

② 出 願 昭57(1982)7月16日

⑦ 発 明 者 守田正夫  
尼崎市南清水字中野80番地三菱  
電機株式会社中央研究所内

⑦ 発 明 者 山田忠利

尼崎市南清水字中野80番地三菱  
電機株式会社中央研究所内

① 出 願 人 三菱電機株式会社  
東京都千代田区丸の内2丁目2  
番3号

④ 代 理 人 弁理士 葛野信一 外1名

明 細 書

1. 発明の名称

接続された超電導線

2. 特許請求の範囲

(1) 接続された超電導線の接続部が、接続すべき超電導線の接続部分を相互に重ねると共にその接続部分を接続用チューブ内に収め且つ各接続部分を接続用チューブと共に圧着して各接続すべき超電導線相互及びこれと接続用チューブとを導通良好に構成されていることを特徴とする接続された超電導線。

(2) 接続用チューブが導電体材料で構成されている特許請求の範囲第1項記載の接続された超電導線。

(3) 接続すべき超電導線と接続用チューブとの導通を良好にする構成が、接続すべき各超電導線と接続用チューブとに渡つて、他の超電導線及び低抵抗導体のいずれかから成る接続安定用部材を電気的に接合して構成されている特許請求の範囲第1項又は第2項記載の接続された超電導線。

3. 発明の詳細な説明

本発明は接続された超電導線、特に、超電導線の接続部分の構成に関するものである。

一般に、超電導線は、添付図面第1図A及びBに示すような構造を有している。すなわち、図において、符号1は超電導線、2は低抵抗基材であつて一般に銅材がよく用いられている。また、3は超電導体フィラメントである。低抵抗基材2は超電導体フィラメント3を、電気的、熱的に安定化させるために用いられる。いま、超電導線1を臨界温度以下に冷却（一般には液体ヘリウムにより温度4.2°K）すると、超電導体フィラメント3の電気抵抗は零になる。従つて、この状態下で超電導線1に電流を流すと、電流は超電導体フィラメント3の中を流れる。

従来、このような構成を有する超電導線1の接続は、添付図面第2図に示すようにして行なわれていた。すなわち、図において、符号4は超電導線1を互いに接続するためのはんだ層であり、このはんだ層4の材料としては、一般に、鉛とすず

の合金がよく用いられる。このように構成される超電導線 1 の従来の接続部の電流の流れを、接続部の縦断面図により、原理的に示すと添付図面第 3 図のとおりである。ただし、ここでは、超電導線 1 は超電導状態で使用されているものとする。図中、矢印は電流の流れを示す。すなわち、一方の超電導体フィラメント 2 から、その低抵抗基材 3、はんだ層 4、他の側の低抵抗基材 5 を通つて、他方の超電導線 1 の超電導体フィラメント 2 に電流が流れ込む。この場合、低抵抗基材 3、5 及びはんだ層 4 は一般に電気抵抗を有しているが、この低抵抗基材 3、5 には、一般に銅材がよく用いられており、その銅の電気抵抗率は、液体ヘリウム温度においては  $2 \times 10^{-8} \Omega \text{cm}$  程度である。一方、はんだ層 4 は、低磁界、低電流密度にあつては超電導状態になるが、超電導コイル中では磁界や電流のために、一般には常電導状態となつており、従つて、その電気抵抗率は液体ヘリウム温度においては  $4 \times 10^{-7} \Omega \text{cm}$  程度である。従つて、超電導線 1 同志の接続部においては、電流が一方

の超電導体フィラメント 2 から他方の超電導体フィラメント 2 へ移る際には、低抵抗基材 3 及びはんだ層 4 において抵抗損失が発生する。しかし、はんだ層 4 の厚さが十分に薄ければ、はんだ層 4 における抵抗損失は、低抵抗基材 3 の抵抗損失に比べて小さな値となる。しかしながら、実際のはんだ付け作業においては、超電導線 1 の表面のひずみや凹凸等のために、はんだ層 4 の厚さを充分薄くすることは不可能である。すなわち、低抵抗基材 3 に比べて、電気抵抗率が 20 倍程度高いはんだ層 4 の存在は、接続部における抵抗損失に大きな役割を占めることになる。

今、超電導コイルを永久電流運転することを考えると、その原理図は第 4 図に示すとおりであり、図中、符号 10 は超電導線 1 を巻回した超電導コイル、11 は超電導線 1 の接続部、12 は超電導コイル 10 と励磁電源 17 を接続部 16 を介して結合するリード、13 は永久電流スイッチ、14 はヒータ、15 は熱絶縁物、18 はヒータ電源、19 及び 20 はスイッチである。ただし、コイル

10 や永久電流スイッチ等の主回路は液体ヘリウムによつて冷却されているものとする。このような状態において、スイッチ 20 を閉にして、ヒータ 14 により永久電流スイッチ 13 を加熱すると、熱絶縁物 15 の存在のために、永久電流スイッチ 13 の温度は超電導線 1 の臨界温度以上になる。従つて、永久電流スイッチ 13 は超電導状態でなくなり、電気抵抗を有するようになる。この状態で、スイッチ 19 を閉にすると、超電導コイル 10 は励磁電源 17 により励磁される。この状態を等価回路によつて表現すると、添付図面第 5 図のとおりである。ここで、符号 21 は永久電流スイッチ 13 の常電導抵抗と接続部 11 の抵抗の合計を表わしている。ここで、超電導コイル 10 を一定電流  $I_0$  まで励磁した後、スイッチ 20 を開にしてヒータ 14 の加熱を止めて、永久電流スイッチ 13 を冷却し、その温度を超電導線 1 の臨界温度以下にする。このようにすれば、超電導コイル 10 の端子は電気抵抗が零の超電導線で短絡されたことになる。この状態でスイッチ 19 を閉にすれば、

超電導コイル 10 の電流は永久電流スイッチ 13 を通つて循環する。すなわち、超電導コイル 10 は永久電流運転されることになる。この状態を等価回路で示したものが添付図面第 6 図である。図中、矢印は電流を表わし、符号 22 は接続部 11 の抵抗を表わす。

いま、このようにして永久電流運転をする場合の超電流コイルの電流  $I$  の時間  $t$  的変化を示すと、次式のようなになる。すなわち、

$$I = I_0 e^{-\frac{R_c + R_B}{L} t}$$

ただし、 $I_0$  = 初期電流値

$L$  = 超電導コイルのインダクタンス

$R_c + R_B$  = 接続部の抵抗

$R_c$  = 低抵抗基材 3 の抵抗

$R_B$  = はんだ層 4 の抵抗

ここで、代表的数値例として低抵抗基材 3 の電流が流れる部分の厚さが、はんだ層 4 の厚さの 4 倍であると仮定し、はんだ層 4 の抵抗  $R_B$  を  $10^{-8}$  とすると、低抵抗基材 3 の抵抗  $R_c$  は  $2 \times 10^{-9} \Omega$

となる。また、超電導コイルのインダクタンス $L$ を $H$ とすれば、コイル電流 $I$ が初期電流値 $I_0$ の $95\%$ に減衰するための期間は、上式から $50$ 日と計算される。これは、超電導線の接続部の電気抵抗の存在のために、超電導コイルの蓄積エネルギーが抵抗損失として消費されたからである。このような超電導コイルが、例えば、磁気浮上列車用の超電導コイルとして用いられる場合等には、一定の起磁力、一定の磁場が要求されるが、このような超電導コイルにおいては、上述のような電流減衰は少ない方が好ましい。

以上のように、従来の超電導線の接続部には、低抵抗基材の抵抗とはんだ層の抵抗とが存在しており、かつ、はんだ層の抵抗が、低抵抗基材の抵抗に比べて大きく、従つて超電導コイルを永久電流運転した場合には、超電導コイルの電流の減衰が、はんだ層による抵抗のために、大きいという欠点があつた。

本発明は上記のような従来の接続された超電導線における欠点を除去し、接続された超電導線の

接続部の電気抵抗を低減し得る接続された超電導線を提供することをその目的とするものである。

本発明は、この目的を達成するために、接続された超電導線の接続部が、接続すべき超電導線の接続部分を相互に重ねると共にその接続部分を接続用チューブ内に収め且つ各接続部分を接続用チューブと共に圧着して各接続すべき超電導線相互及びこれと接続チューブとを導通良好に構成されていることを特徴とするものである。

以下、本発明をその一実施例を示す添付図面第7図に基づいて説明する。図において、矢印は電流、符号 $1, 1'$ は接続すべき超電導線、 $2, 2'$ はその低抵抗基材、 $3$ は超電導体フィラメントで従来の装置におけるものと同等のものであり、また、符号 $3/$ は各超電導線 $1, 1'$ の接続部分をその内部に収めた接続用チューブである。すなわち、例えば、 $3$ 本の超電導線 $1, 1'$ の接続部分である端部を相互に重ね、その重ねた部分を接続用チューブ $3/$ 内に収め、接続用チューブ $3/$ の外側から押圧することによつて圧着し、はんだ層 $4$ による

ことなしに、超電導線 $1, 1'$ を電気的に接続している。このように、低抵抗基材 $2, 2'$ に比べて電気抵抗率の高いはんだ層 $4$ を介することなく、超電導線 $1, 1'$ を接続することができたので、接続部の接続抵抗が低く押えられ、従つて、超電導コイルを永久電流運転した場合においても、超電導コイルの電流の減衰ははんだ層を有する接続の場合に比べて、非常に少なくなる。いま、前記の代表的数値を前式に代入すると、上記本発明による接続された超電導線の場合にあつては、電流が初期電流値の $95\%$ になるのに要する時間は、実に $300$ 日と計算される。

更に、接続用チューブ $3/$ が導電性を有するものであれば、電流の減衰はより少なくなる。以上の実施例は、接続すべき超電導線が $2$ 本の場合について述べたが、これに限るものではなく、例えば、添付図面第8図に示すように、 $3$ 本以上の超電導線の接続の場合であつても、同様の構成によつて接続を行なうことができ、また、同様の効果を奏することができる。

また、添付図面第9図に示すものは、他の実施例であつて、電気的安定性を増すために、超電導線 $1, 1'$ 及び接続用チューブ $3/$ に設つて、他の超電導線か又は低抵抗導体から成る接続安定用部材 $5$ をはんだ付けによるはんだ層 $6$ を設けて接続したものである。更に、添付図面第10図に

示すものは、接続すべき超電導線 $1, 1'$ の向きが異なつてゐるものであり、その効果も第7図及び第8図と同様であり、また、第9図に準じて接続部材を設けてもよい。

本発明は、以上のように構成され作用するので、その接続部に電気抵抗率の高いはんだ層を特に必要とせず、従つて、電気抵抗の非常に低い接続部を有する超電導線を得ることができるという効果を奏することができた。

#### 図面の簡単な説明

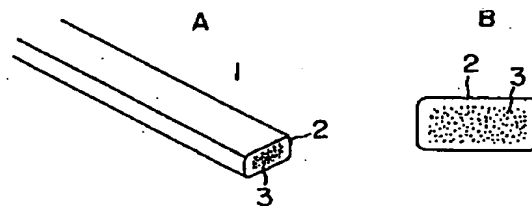
第1図は一般的な超電導線の外観斜視図(A)とその横断面図(B)、第2図は従来の接続構造を有する超電導線の外観斜視図、第3図は従来の接続構造を有する超電導線の縦断面図、第4図は永久電流

スイッチ付き超電導コイルの励磁回路図、第 5 図は超電導コイル励磁中の等価回路図、第 6 図は永久電流運転状態の超電導コイルの等価回路図、第 7 図は本発明の実施例の 1 つを示す外観斜視図、第 8 図～第 10 図は本発明の他の実施例の外観図である。1, 1'・・・超電導線、2, 2'・・・低抵抗基材、3, 3'・・・超電導体フィラメント、4, 4'・・・はんだ層、5, 5'・・・接続用チューブ、6, 6'・・・接続安定性部材。

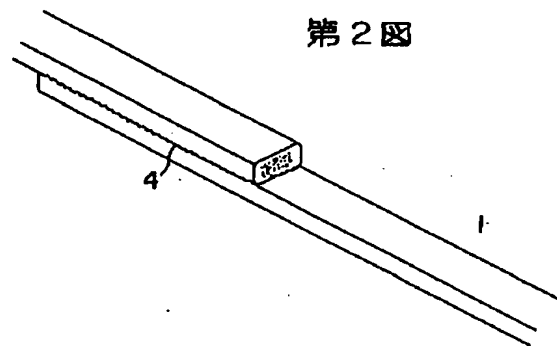
なお、各図中、同一符号は同一又は相当部分を示す。

代理人 葛 野 信 一

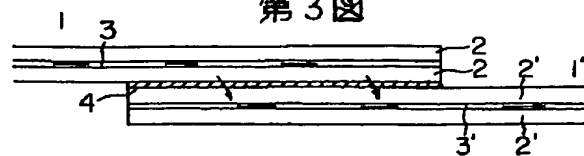
第 1 図



第 2 図

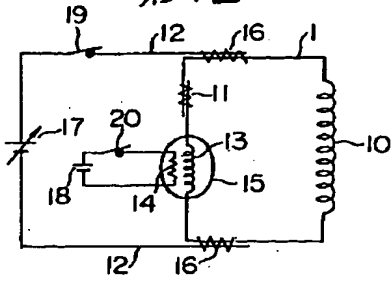


第 3 図

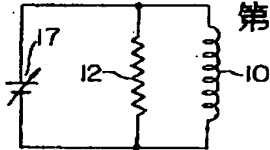




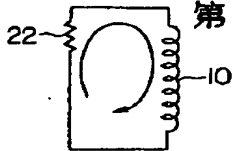
第 4 図



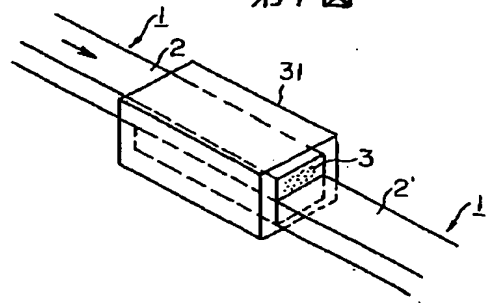
第 5 図



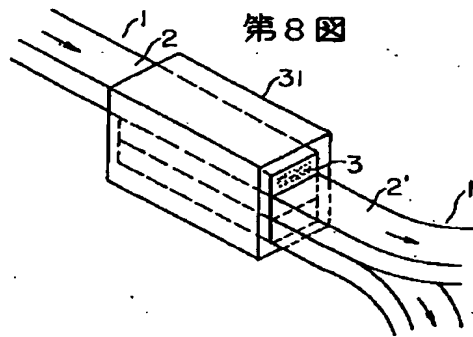
第 6 図



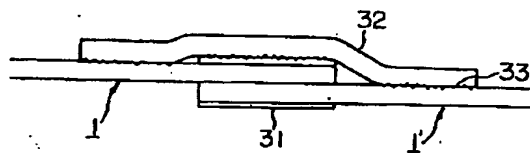
第 7 図



第 8 図



第 9 図



第 10 図

